

最近の造型法の発展

大阪府立工業奨励館 乾 仙之助

1. ま え が き

鑄物の歴史は人類が金属を溶解することを知った太古の昔より、最も簡単な金属加工法として今日に到る迄連続と続いている。しかし第二次大戦以後の急速な科学技術の進歩は、鑄造技術の一部門である造型法に対しても著しい影響を与え、その結果ここ十数年の間にめまぐるしい程の新しい造型法が開発されてなおそのとどまる所を知らないといっても過言でないであろう。

この造型法の開発には、最も一般的な珪砂、粘土、水を基本とする鑄物砂を使用しながら、造型機の性能を高めて鑄型性質を非常に向上させたものと、従来から用いられている粘結剤に代る新しい粘結剤の導入により生み出された造型法がある。前者では生型高圧造型法がその最たるものであり、後者に属するものとしてシェル型法、ガス型法、シヨウ型法、ホットボックス法、各種自硬性鑄型法、特に最近話題になっている流動自硬性鑄型法等がある。またこれらとは別に全然新しい考え方にもとづいた造型法としてフルモールド法が発明されている。

しかしいずれの造型法にも多くの利点を有すると同時に欠点も存するために、どの造型法を用いるかは各工場における鑄物品種、生産規模などに応じて定められるものであって、いまだにすべての鑄物生産に適應しうる普遍的な造型法は確立されていない。上述したように新しい造型法の発展は特に化学の進歩による粘結剤の開発によるところが大きい。しかしその反面鑄物砂の基礎となる骨材は、珪砂が安価なため依然として大部分の鑄型はこれに頼っている。この骨材の鑄型性質に与える影響も非常に大きいのでこれに関する開発が進めばさらに新しい造型法が生ずる可能性が含まれている。

シェル型法、ガス型法等も戦後に急速に広まった新しい造型法であるが、現在では相当普及化され一応完成されたものとなっているので、ここでは今後更に研究改良が進められようとしている比較的新しい造型法について簡単な解説を試みるとともに、今後の見通しおよび問題点について触れてみる。

2. 生型高圧造型法

造型機の進歩により今までの生型が見直されて、一旦

他の造型法に切り換えられたものが再び生型により造型が行なわれようとしているのがこの生型高圧造型法であろう。モールドイングマシンはすでに1800年代から用いられてきたが、いままでの普通のモールドイングマシンのスクイズ圧力はせいぜい $2 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ 程度であった。したがって鑄型硬度は60~70程度にしか達せず高い寸法精度の鑄物を得ることは不可能であった。しかるにスクイズ圧力を $7 \sim 40 \text{ kg/cm}^2$ に上げることを可能にした特別の油圧機構をもった高圧造型機の出現は、90以上の鑄型硬度をもつ均一によくしまった生型を造型することが出来、したがってこのことは寸法精度の高い鑄物生産が可能となり、すでに現在この造型機を用いて自動車鑄物のシリンダーブロック、プレーキドラム、クランクシャフト、カムシャフト等の製作に良好な結果を与えていることが注目されている。

従来より小物の多量生産にはモールドイングマシンによる生型が最も適したものとされていたが、寸法精度、鑄肌の問題から相当シェル型への移行が行われた。しかしこの高圧造型によってこの問題が解決されれば、生型による生産は材料費の安価なことおよび生産能率の高いことにより再びシェル型より生型への転換が行われるであろう。

この生型高圧造型法の問題点として、硬くつき固められた生型では、鑄物砂として珪砂が用いられる限り、その熱膨張に起因する鑄型膨脹欠陥である“すくわれ”、“しぼられ”の防止が最大の課題となるであろうが珪砂に代る熱膨脹の少ない安価な鑄物砂の骨材が開発されこの造型法に使用し得るようになれば、生型高圧造型法の利用される分野はますます広くなるものと期待されている。

3. 自硬性鑄型

大型鑄物では古くから現在に到る迄ホロ砂を中心とする乾燥型が最も多く用いられて来た。この乾燥工程を省き生産性の向上を目的として考え出されたのが自硬性鑄型である。この自硬性鑄型の特徴は型込みを行って後自然放置のみで強固な鑄型が出来る点にある。もっとも広義に解釈すれば従来から行われているセメント型もこれに属するであろうが、すでによく知られておりまた硬化速度も遅いので一応これ等を除外し、現在注目をあびて

いる無機質ならびに有機質の自硬性鋳型についてのべる。なお流動自硬性鋳型については章を改めて解説する。

(1) 無機質自硬性鋳型

水ガラスを粘結剤とする鋳型としては炭酸ガス型法がよく知られており、水ガラスと珪砂とを混練して成型後炭酸ガスの吹込みにより瞬時に鋳型が硬化する利点のためにわが国でも広く利用されている。この炭酸ガスと水ガラスの反応による硬化作用に着目し、炭酸ガスの代わりに無機質の粉末を硬化剤に用いて水ガラスと共に砂と混練し成型した後、水ガラスと硬化剤の反応を利用して自然放置で強固な鋳型を作るのがこの造型法である。用いられる硬化剤の種類により大きな発熱反応を生じるものと、殆んど発熱を伴わないものがある。

発熱性の自硬性鋳型では水ガラスを粘結剤とし、これに金属粉末または金属化合物の粉末を硬化剤として用いるものであって、原理としては水ガラス中に解離している苛性ソーダと金属または金属化合物を反応させ、その反応による水素の発生と、反応熱による脱水および反応速度の促進により水ガラスをゲル化させて鋳型を硬化させようとするものである。したがって用いられる硬化剤は反応に適した Si 、 Al 、 Zn の粉末またはその金属化合物の粉末である。この方法では発熱反応を伴う故出来た鋳型の水分含有量は 1.0% 以下と非常に低く、ほとんど乾燥型となる。原理的には以上の考え方にもとづくものであるが、実際の使用面では鋳物砂の可使時間、硬化速度、模型との離型性、原材料費などいろいろと考えなければならない要因があるので、水ガラスおよび硬化剤の種類、配合比、混練方法などに調整がおこなわれて居り、Nプロセス、H-Tプロセス、NVE プロセスなどと称されている。またこれらは特許との関連もあり広く各工場に普及するには到っていないが徐々に利用度は高まりつつある。

無熱性の自硬性鋳型も発熱性の場合と同様に種々の名称で発表されている。これに用いられている硬化剤は、高炉滓、塩基性平炉滓、フェロアロイ製練滓、マグネシウム製練滓等の塩基性鋳滓が主体であり、水ガラスの硬化にはこの中に含まれている CaO が大きな役割を果たすと考えられている。これ等鋳滓と水ガラスとの反応機構についてはほとんど明らかにされて居らず、現段階では経験的に CaO が $2CaO \cdot SiO_2$ の形で含まれているのが最も好ましいと考えられている。また用いられている硬化剤を化学成分よりみれば CaO 含有量は殆んど50%前後である。水ガラスについては硬化剤の種類に応じて SiO_2 と Na_2O のモル比が2.0~3.5迄の範囲が使用されている。またこの硬化反応は温度に相当左右されるために、冬期では高モル比の水ガラスで硬化剤を多く用い、

夏期では低モル比の水ガラスで硬化剤を少く用いる等配合管理を十分行わなければならない。発熱自硬性鋳型との大きな差異は、硬化が恐らく硬化剤の水和反応による水ガラスのゲル化と考えられるために、硬化後も2~4%の水分が残留することであろう。したがって出来た鋳型は乾燥型よりもガス型と同じ考えで取扱う必要がある。

以上無機質自硬性鋳型はわが国で開発、研究された造型法であって、いまだ完成されたものではないが、近年生産性向上が強く要求されている折柄、大型鋳物用の乾燥型、セメント型、ガス型にかわってその利用度はますます増大すると考えられる。

(2) 有機質自硬性鋳型

油脂のうち乾性油が古くから鋳型用粘結剤として用いられてきたことはよく知られているところであり、また塗料工業ではこれに金属ドライヤーを用いてその乾燥工程を早めることが行われてきた。この原理を油砂に応用したものがエアースセットと呼ばれている油脂系自硬性鋳型である。すなわち油砂の硬化は、乾性油中に含まれている不飽和脂肪酸の二重結合が酸素による酸化重合と、熱による熱重合により重合されて起るのであるが、常温では熱重合は期待できず、したがって常温硬化させるには非常に長時間を要するので、その硬化促進剤として Co 、 Mn 、 Pb のナフテネートが一般に使用されている。時には過マンガン酸カリ、過硼酸ソーダ等の過酸化物が併用されている場合もある。また用いられている油は、不飽和度の高いアマニ油、桐油およびこれらを変性したものが多く。

最近になって油脂系エアースセットにかわるものとして尿素変性フラン樹脂が自硬性鋳型に用いられる合成樹脂粘結剤としてでてきた。これはその樹脂化の過程でアルカリによって一旦中和して反応を停止させ、使用に当って再び酸を加えて樹脂化して常温硬化させている。このように酸、アルカリの中和反応を利用するために、鋳物砂の pH 値が硬化後の強度におよぼす影響が非常に大きく、鋳物砂の選択は特に重要で中性であることが必要条件となる。

これら有機質の自硬性鋳型は、無機質の自硬性鋳型に比してその粘結剤の価格が高いためすべて中子用であり、主型に用いられることはない。この中子の利点は焼成後の強度が高く、また鋳造後の中子の崩壊性が非常によいことである。したがってわが国でも生産速度が高まり砂落し工程のスピード化が要求されるようになれば、その利用は多くなると思われるが、現在では価格が高いためとベニング等二、三の問題があるので利用度はあまり高くはない。

4. 流動自硬性鑄型

流動自硬性鑄型の造型法は、従来一般に行なわれている搗き固め、振動、圧縮、吹き付け等の方式と全く異なり、鑄物砂をスラリー状に流動化させてこれを鑄枠または中子箱に流し込み、そのまま自硬硬化させて鑄型を製作する方法である。したがって土建業界における生コンクリート工法のような造型法と考えて差支えない。

この造型法の利点は今迄の粘土系あるいは種々の自硬性鑄型の造型作業にみられる問題点、すなわち搗き固め作業に伴う熟練の必要性、苛酷な肉体労働、粉塵による悪い作業環境等を改善し生産性を大巾に向上できることである。

さきに述べたようにわが国では水ガラスを粘結剤とする無機質自硬性鑄型の研究が活発に行なわれているが、流動自硬性鑄型ではこの水ガラスを粘結剤として用いたものと、セメント型から出発してセメントを粘結剤としたものとの二つの流れがある。自硬性あるいはセメント型の鑄物砂を流動化するには余分の水分が必要であるが、鑄型として水分量の多いことはピンホール、ブローホール、フカレ等鑄造欠陥が生じ易いのでできるだけ低水分にする必要がある。この比較的low水分でしかも流動化が可能になったのは界面活性剤を利用することによってであり、界面活性剤なしで流動化しようとする生コンクリートの約15%もの水分を要し鑄型としての実用性は殆んどない。しかるに適当な界面活性剤を用いることにより3~6%程度の水分量で十分な流動性をもった鑄物砂が出来るようになった。セメント型を流動化したものは珪砂、セメント、硬化促進剤、界面活性剤、水の組合せであり、水ガラスを粘結剤とするものは珪砂、水ガラス、鉍滓、界面活性剤、水の配合である。どちらの材料を用いるにしても流動化ならびにその後の鑄型性質に関係するものに、材料以外に重要な要素として混練方法すなわち混練機の種類がある。活性剤が流動化に有効なのはその起泡力であり、流動鑄物砂に含まれた泡がボールベアリング的作用によりその砂に流動性を与えるものと考えられるから、この泡がどういう状態で存在するかが問題となり、この泡の形態は素材の組合せと共に混練機構によって大きく左右される。著者の実験においても2種の混練機により比較したところ、一方は他方の約三分の一の強度より得られなかった実例がある。

つぎに一般の鑄型にない特別の性質および問題点について述べてみよう。まずこの流動自硬性鑄物砂の特性は、流動し、かつ流し込まれた後に相当早い時期に硬化し、さらに鑄型としての性質を保有しなければならないことであろう。この性質を満足させるのに困難な点は、流動性と、硬化速度および硬化後の強度がほぼ相反する関係

にあることである。すなわち流しやすい状態にすればする程強度が下り、また硬化速度が遅れるのが一般的特性である。他の一つの問題点として可使時間がある。流し込みにより造型するのであるからこの鑄物砂を運搬せず鑄枠を移動し混練機のところまでもってくればつきつきと連続注入が出来、あまり可使時間が問題とらなないが、鑄型を固定し鑄物砂を運ぶ場合はやはり或程度の可使時間が要求される。しかし一般には可使時間と硬化速度とは相反関係にあるのでその両者の調整がむづかしい。そしてこの問題は工場レイアウト、混練機の種類に関係してくる。また自硬硬化させた後の離型性が他の鑄型より劣ることも今後の研究課題となっている。

この流動性鑄物砂の注入時の問題点として、模型、湯道、押湯などの位置が移動するおそれが多いということがあり、今迄の造型法よりもこのことについて注意をはらわなければならない。また鑄型補強に入れる芯金、溶金の凝固速度の調節に用いる冷し金などは特別の配慮が必要となる。

従来の造型法は模型の上に肌砂をまき、そのうしろに

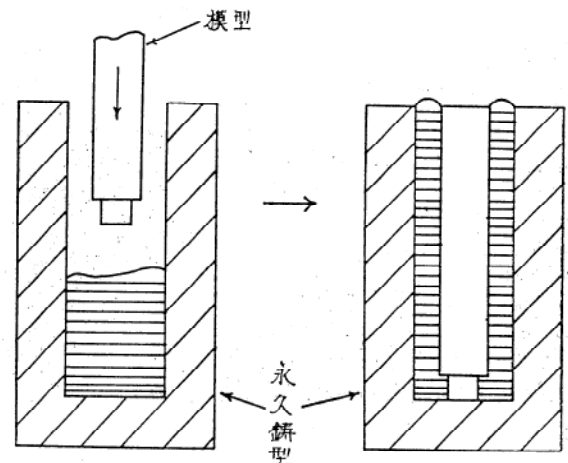


図1 永久鑄型を組み合わせた造型様式一1

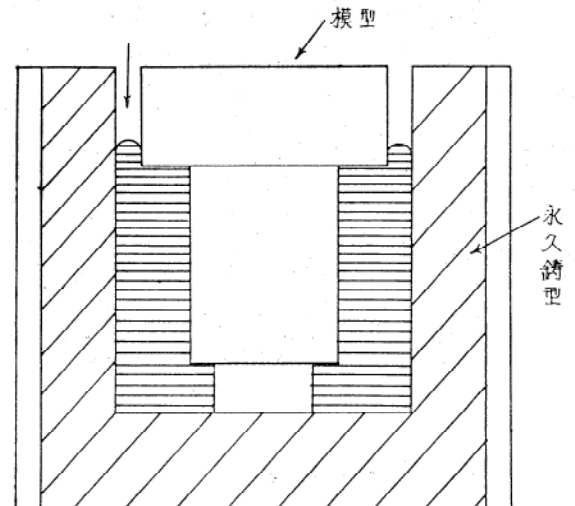


図2 永久鑄型を組み合わせた造型様式一2

裏砂をまく方法で行なわれているが、本法では裏砂の半永久化が比較的容易である。たとえば図1に示すように耐久鑄型と模型を組み合わせてその間に鑄物砂を流し込む方法、また図2に示すように鑄物砂を一定量鑄型内に流し込み、後で模型を圧入することもできる。このような造型法が行いうるものも他の造型法にみられない大きな特性である。

以上流動自硬性鑄型のみで他の造型法にみられない一般的性質および問題点を述べたが、近年における労働力の不足、職場環境の整備、生産性向上の要求は非常に強く、そのため鑄物製造において大きな比重をしめる造型作業の合理化を進めるものとしてこの流動自硬性鑄型の完成が非常に期待されている。

なお著者のところでも5号珪砂：100，1号水ガラス：7，高炉セメントC：3，界面活性剤：0.2，水：2.5の配合で流動自硬性鑄型を作り、Kz 70/120ディゼルエンジン滑り座（鑄込重量1.4トン）の製品を試作することができたので、そのときの注入状態および製品を写真1.2に示した。

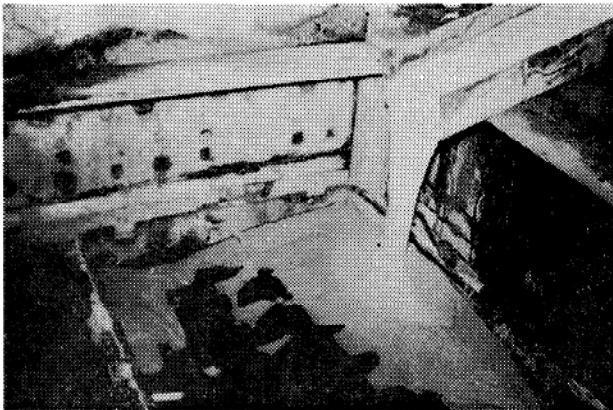


写真1 流動性鑄物砂を鑄枠に流し込んでいる状況

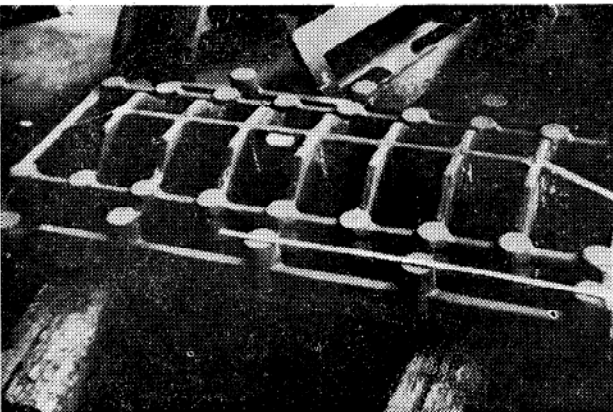


写真2 流動自硬性鑄型で作られた鑄鉄製品

5. フルモールド法

最近フルモールド法が新しい鑄造法として注目されて

いるが、これは発泡ポリスチレンを鑄造に利用し、これで模型をつくり、直接溶湯を鑄込んで鑄物を作る方法であって海外で開発されわが国に技術導入されたものである。一般の鑄造法では上型と下型を別々に型込めし、模型を抜きとって空洞をつくり、それに中子を組入れて型合せをして鑄込むのであるが、フルモールド法では発泡ポリスチレンで作った模型および湯口系を鑄枠に入れて鑄物砂で型込めし、これに溶湯を流し込んで発泡ポリスチレンの燃焼により生じた空洞に溶湯を充満凝固させて所要の鑄物をつくる方法である。この方法によると、発泡ポリスチレンの模型は製作される鑄物と同じ形をしたものであって中子を必要とせず、また模型を二つに分割する必要もない。また一般の造型法では押し上げ方式の方案は、造型作業を非常に複雑にするため特別の場合以外余り用いられないが、この方法の場合容易に採用し得る利点がある。また従来の造型法では、理論的には押し湯として球形のものが一番効率がよいことが判っているにもかかわらず、造型が非常に複雑となるために円筒型の開放押し湯が殆んど用いられてきた。しかしこの発泡ポリスチレンを使用すれば、模型を引き抜く必要がないので球形押し湯を用いることが出来、特に鑄鋼では製品に対し相当量の押し湯が必要とされるのでその軽減の効果は非常に大きいものとなる。さらに米国ではアルミ鑄物に対し粘結剤なしの珪砂のみで造型、鑄込み可能との報告が行なわれているが、この技術を完成させればその利用度はさらに高まるであろう。

しかしながら我が国ではフルモールド法の採用にふみきった工場はあまり多くない。鑄鋼の場合発泡ポリスチレンの燃焼残渣が殆んど残らないためあまり問題とならないが、鑄鉄では鑄鋼に比し鑄込温度が低い関係上燃焼残渣が上型面に残り鑄肌荒れとなって問題があるようである。また造型時の鑄物砂の選択にも十分の配慮が必要で、今後流動自硬性鑄物砂との組合せが課題となるのではないかと考えられる。

6. ショウ法

精密鑄造法としてはロストワックス法があるが、大型鑄物の製造にはこの方法では不可能である。大型鑄物にも可能な精密鑄造法として注目をあびているのがこのショウプロセスである。この方法は英国で発明され、わが国には1957年に技術導入され今日迄に到っている。この造型法の原理は耐火度の高い耐火材料を骨材とし、これにエチルシリケートを主成分として一部加水分解させた液状粘結剤とアルコールおよび少量のゲル化促進剤を添加したものを混合攪拌して流動性のあるスラリーをつくり、これを原型に流し込んで固化させて鑄型をつくる。この原型を抜き取る時期は、スラリーが来だ完全にゲル

化しないで弾力性をもっている時である。したがって一般の鋳型材の使用におけるよりもはるかに複雑な形状を抜き勾配なしに抜くことができる。原型を抜き取った後、その表面を急熱して一面にヘアークラックを生じさせる。このことがショウプロセスの特徴であり、このヘアークラックは更にこの後の鋳型内部乾燥においても鋳型内の歪みを防ぎ、鋳型は完全に原型寸法を保つ。またヘアークラックは鋳造時における鋳型の熱膨張による寸法変化を防止し極めて寸法精度の高い鋳物の製造を可能ならしめている。しかしながらこのように鋳型を全て前述のスラリーで製作することは、これに用いる耐火材料および粘結剤の価格が高いため他の造型法に比して鋳型費が相当高くつく。そのため最近では鋳型を構成するバックアップを半永久型とし、表面だけをショウ用スラリーでコ

ーティングして価格の低下をはかる方法が研究され実用段階に達したとの報告もある。

ショウプロセスは金型に最も多く利用され、板金プレス型、プラスチック型、ダイカスト型、鍛造用型、鋳造用金型等の製作に用いられる。

6. む す び

最近十数年の間に開発された造型法のうち比較的未だ一般化していないものをとり上げて簡単な解説を試みた。これらの造型法は特許の関係もあり、ガス型、シエル型のようにすみずみまでゆきわたる段階に達していない。しかしいずれもそれぞれの特徴をもち、それについての経験が深められてくれば、まだまだ大いに発展し鋳物の生産性向上に大いに役立つであろう。